Beitrag zu der Frage nach dem Kälte- und Wärme-Empfindungsvermögen der menschlichen Zähne.

Inaugural-Dissertation

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Bayer. Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde

vorgelegt von

Hermann Derigs

aus Essen.

Würzburg

C. J. Becker Universitäts-Druckerei

1935.

Angenommen von der medizinischen Fakultät der Universität Würzburg und mit Genehmigung der Fakultät gedruckt.

Referent: **Professor Dr. med. et med. dent. Wustrow.**

Meinen lieben Eltern!

Beitrag zu der Frage nach dem Kälte- und Wärme-Empfindungsvermögen der menschlichen Zähne.

Wenn ich mich entschlossen habe, über dieses Thema zu schreiben, so bin ich mir der Schwierigkeiten, denen ich begegnen werde, sehr wohl bewußt. Die Frage: „Vermögen die menschlichen Zähne Kälte und Wärme voneinander zu unterscheiden?“ ist in dieser Form zwar bisher noch wenig erörtert worden; andererseits sind auf dem Wege über die Chemie, Anatomie und Histologie unendlich viele Versuche und Untersuchungen zur Klärung dieses Themas angestellt worden, welche fast ebensoviele widersprechende Meinungen und Ergebnisse gezeitigt haben.

Ehe ich die Literaturbesprechung und die von mir gewählte Untersuchungsart beginne, möchte ich einige physiologische Bemerkungen, die für die vorliegende Arbeit von Bedeutung sind, vorausschicken.

Soll Kälte und Wärme an einer Körperstelle als solche empfunden werden, so ist dafür Voraussetzung, daß die von dem Reiz getroffenen Haut- bzw. Schleimhautstellen Reizleiter und Aufnahmeorgane in Form von Nerven besitzen. Max v. Frey (1) (Würzburg) stellt für das Empfindungsvermögen thermischer Reize weiterhin die Forderung des Vorhandenseins der von ihm genauer beschriebenen und als Kalt- und Warmpunkte bezeichneten Nervenendigungen, die allein in der Lage sein sollen, thermische Reize, sowohl in der Unterscheidung kalt und warm, wie auch in ihrer Intensität wahrnehmbar werden zu lassen. Allerdings versucht Goldscheider die Lehre von spezifischen Schmerznerven, besonderen Kalt- und Warmpunkten zu widerlegen. Ich möchte zunächst die in der D.z.W. 1921 p. 111 über diese Arbeit Goldscheiders (2) veröffentlichte Besprechung Türkheim's an dieser Stelle zum Abdruck bringen, da sie geeignet ist, über einige strittige Fragen des Empfindungsvermögens überhaupt Auskunft zu geben.

Das Schmerzproblem von Dr. A. Goldscheider.

„Diese Arbeit stellt eine zusammenfassende Auseinandersetzung mit dem Würzburger Physiologen v. Frey dar, die Untersuchung ist auf physiologischer Grundlage aufgebaut, es handelt sich nicht etwa, wie aus dem Titel hervorgehen könnte, um eine erkenntnistheoretische oder physiologische Behandlung des Schmerzpro-

blems. Während v. Frey zu dem Ergebnis gekommen ist, daß es 2 getrennte Nervenbahnen und Endapparate gibt, von denen die einen dem Tastsinn und die anderen dem Schmerzsinn dienen, ist Goldscheider entgegengesetzter Ansicht und erkennt nur die Gemeinsamkeit der Tast- und Schmerznerven an. Danach müssen also die v. Frey'schen Versuchsreihen als nicht befriedigend, seine Versuchsanordnungen als nicht genau bezeichnet werden, natürlich nur im Sinne der Goldscheider'schen Beweisführung. Dieser konnte nämlich nachweisen, daß sich an den Stellen der äußeren Haut, die nach v. Frey als Druckpunkte anzusprechen sind, bei geeigneter Führung feingeschliffener Nadeln eine Schmerzempfindung erzeugen läßt. Der Schmerz tritt nicht unmittelbar auf, ihm geht eine unterschmerzliche Empfindung voraus, nach weiteren Zwischenstufen folgt die eigentliche reine Schmerzempfindung, die dann wieder in eine unterschmerzliche Empfindung ausklingt. Der Schmerz findet sich nur im sogenannten fünften Sinn, der die Tastempfindungen, die Hautsensibilität, die Organempfindung einschließt; im Gebiet des Gesichts, Gehörs, Geruchs, Geschmacks und Temperatursinns gibt es keinen Schmerz. Der Schmerz ist nicht etwa eine nur unlustbetonte Druckempfindung, die matte, unterschmerzliche Stichempfindung unterscheidet sich nicht etwa nur durch das Hinzutreten eines unlustigen Gefühlstones; auch nicht durch einen bloßen Intensitätsunterschied. „Starkes Prickeln, das Gefühl des Abgestorbenseins und ähnliche unterschmerzliche Paraesthesien können viel unangenehmer sein als die feine lanzinierende oberflächliche Schmerzempfindung.“ Der Schmerz ist vielmehr eine besondere Qualität im Gebiete des Tastsinnes. Neben den spezifischen Drucksinnesnerven gibt es aber noch Nerven, die keine ausgesprochene Tastempfindung vermitteln, sondern eine Sensation, die als matte Berührungs- oder Spannungsempfindung, bzw. als matte, stichartige Empfindung gedeutet wird. Bei stärkerer Reizung vermitteln alle diese Nerven Schmerzempfindung. „Spezifische Schmerznerven bestehen nicht.“ Die von Goldscheider ermittelten Untersuchungsergebnisse über die Zähne können nicht unwidersprochen bleiben.

Goldscheider greift die Behauptung v. Frey's an, die dieser in den Beiträgen zur Sinnesphysiologie III niedergelegt hat, wonach das Zahnbein — das noch nicht pathologisch verändert sein darf — (D. Ref.) auf mechanische, thermische, chemische und elektrische Reize nur mit Schmerz reagiert. v. Frey spricht bekanntlich die freien Nervenendigungen als die Träger des Schmerzsinnes an, da sich z. B. auf der Glans penis und in der Cornea nur freie Nervenendigungen und daher nur Schmerzpunkte finden, das gleiche soll auch für das Dentin zutreffen. Für die Zähne hat Goldscheider diese Verhältnisse bei sich selbst nachgeprüft,

indem er Wärme- und Kältereize direkt an die Zähne brachte, oder indem er warmes bzw. kaltes Wasser in den Mund nahm, auch gekühlte Metallkugeln legte er an den Zahn bzw. an Zahnfüllungen. „Bei vorsichtiger Versuchsanordnung treten nun nicht unmittelbar Schmerzempfindungen auf, sondern bohrende, nagende, bebende, nachhaltende Empfindungen gehen ihnen voraus, welche tief im Zahn lokalisiert werden.“ Sie werden als unangenehm, fremdartig, unbehaglich bezeichnet, sie halten sich aber immer unter der Schmerzgrenze. Die untersuchten Zähne bleiben eine kurze Zeit noch empfindlich, es soll sogar beim Aufeinanderbeißen ein periostaler Reiz bemerkbar werden, daher nimmt Goldscheider an, daß auch die normale Druckempfindung — also Tastvermögen der Zähne —, durch „Zahn“nerven übertragen wird. Unterschmerzliche und schmerzliche Empfindungen gehen ineinander über, es lassen sich auch ganz schmerzfreie Empfindungen erzeugen. Es macht nicht den Eindruck, als ob Goldscheider sich undeutlich ausdrückt, ihm liegt ja vor allem daran, die spezifische Schmerznerventheorie von v. Frey zu stürzen. Aber für das Gebiet der Zähne ist seine Versuchsanordnung durchaus als ungenügend zu betrachten. Natürlich ist es sehr leicht möglich, durch differenzierte Reize an allen möglichen Zähnen alle möglichen Empfindungen auszulösen, wenn man in Betracht zieht, daß der Schmelz selber als eine sehr starke Isolierschicht über dem empfindlichen Zahnbein liegt und nur sehr hohe Reize ganz bedeutend schwächer auf das Zahnbein überträgt. Ferner ist zu bedenken, daß im Munde eines älteren Mannes, wie Goldscheider, ganz sicher an manchen Zähnen das Zahnfleisch atrophiert gewesen ist und nun das empfindungsfähige Dentin freiliegt. Und wenn er schließlich die Versuche an seinen „gefüllten“ Zähnen vornimmt, so wird sicher mancher von diesen unter der Füllung eine irgendwie veränderte Pulpa haben, die auf einen Reiz anders reagiert als ein Zahn, der noch keine Füllung trägt. Es ist also wenigstens nach den vorliegenden Angaben ebenso leicht möglich, daß die verschiedenartigen Reize im Munde von Goldscheider durch isolierende Schmelzlagen, durch degenerierte Pulpen, durch Anlage von Ersatzdentin oder schließlich durch alle möglichen Füllungen in Masse modifiziert und abgeschwächt wurden, so daß selbstverständlich keine reinen Schmerzempfindungen zustande kamen. Solange die Angaben nicht richtiggestellt werden oder solange nicht eine ganz einwandfreie Versuchsanordnung gewählt wird, sind die Bemerkungen über die Zähne als ungenau abzulehnen.“ Türkheim (Hamburg).

Wenn wir nun die von v. Frey beschriebenen Nervenendigungen — seine Ansicht dürfte nach dem heutigen Stand der Forschung die maßgebende sein — im Zahnschmelz suchen, so müssen

wir als selbstverständlich voraussetzen, daß die substantia adamantina von Nervenfasern durchzogen wird. Damit kommen wir auf ein Gebiet, auf dem bisher noch eine große Anzahl verschiedener Meinungen sich gegenüberstehen. Abgesehen von vielfachen kleineren Differenzen teilt sich die Fachwelt in zwei Lager, von denen einerseits behauptet wird, der Zahnschmelz sei eine tote Substanz (z. B. Walkhoff, Kantorowicz, Türkheim), andererseits derselbe als ein vitales Gewebe mit mehr oder minder regem Stoffwechsel hingestellt wird. Die Gruppe der Vitalisten findet in Morgenstern und Peckert seine hervorragendsten Vertreter, die über die vermuteten Stoffwechselvorgänge hinaus auch eine nervöse Versorgung des Schmelzes nachgewiesen haben wollen. Von den Vertretern der letztgenannten Meinung, die meiner Ansicht nach die wahrscheinlichere ist, werden die verschiedensten Elemente der harten Zahnsubstanzen, wie Schmelzlamellen, Schmelzbüschel-Sprünge, Thomes'sche Fortsätze, die bis in den Schmelz reichen und dgl. mehr, als Ernährungs- und Nervenbahnen angeführt. Die Frage nach der Vitalität des Schmelzes ist schon sehr alt. Schon in den Anfängen der Zahnheilkunde findet man diesbezügliche Erörterungen. Wie schon erwähnt wurde, ist der Weg, der zur Klärung dieses Streitpunktes beschritten wurde, sehr unterschiedlich. Die älteste Auffassung vom Zahn ist die, daß er ein Knochen sei. Sehr bald aber lehrte die chemische Analyse, daß es sich beim Zahn um ein Element von wesentlich anderer — sowohl qualitativ wie quantitativ — Zusammensetzung handele als bei der des Knochens. In der Folgezeit wird auf Grund dieser Feststellung — der Schmelz enthält bis zu 4% organische Substanz — der Schmelz und das Dentin auf die Beschaffenheit, vor allem dieser organischen Bestandteile, untersucht. Auch hier wieder weisen die Methoden erhebliche und sogar grundsätzliche Verschiedenheit auf. Es würde zu weit führen und über den Rahmen dieser Arbeit hinausgehen, alle die angewandten Untersuchungsmethoden und deren Ergebnisse aufzuführen. Im allgemeinen sind es anatomisch-histologische Versuchsreihen, mit denen man die Zusammensetzung der Hartsubstanzen und die Eigenart der Beschaffenheit der einzelnen Elemente zu ergründen suchte. Zu den üblichen Schnitt-, Schliff- und Färbemethoden traten später die mikrophotographischen Aufnahmen, die eine besondere Verbesserung durch die um die Jahrhundertwende von Walkhoff durchgeführten Versuche mit kurzwelligem (ultraviolettem) Licht erfahren, neue Methoden in Form der sogenannten Vitalfärbung, deren vorteilhafte Anwendung in anderen medizinischen Disziplinen schon lange bekannt war. Grundsätzlich neue Wege schlägt Kleinsorgen vor, der im Jahre 1910 (3) vor dem Centralverein deutscher Zahnärzte seiner Meinung dahin Ausdruck gab, nicht die

Anatomie und Histologie als Ausgangspunkt der Forschung anzuwenden, sondern die Physiologie und Biologie den Überlegungen zu Grunde zu legen, um später die so gewonnenen Ergebnisse durch exakte mikroskopische Untersuchungen zu bestätigen. Über seine Erfolge werde ich an anderer Stelle, bei der ausführlichen Literaturbesprechung, berichten.

Die von mir durchgeführten Versuche wurden an insgesamt 417 Zähnen getätigt. Grundsätzlich wurden in dieser Versuchsfolge nur einwandfrei intakte Zähne mit unbedingt gesunder Pulpa zur Untersuchung herangezogen. Dadurch sollte Irrtümern, die auf der Leitfähigkeit von Metallfüllungen und hypersensiblen Zahnhälsen sowie auf der Überempfindlichkeit irgendwie irritierter Pulpen beruhen könnten, vorgebeugt werden. Der Gang der Untersuchung soll im Folgenden kurz geschildert werden. Nachdem auf dem Wege einer genauen Anamnese die Vitalität und unbedingte Gesundheit des zu untersuchenden Zahnes als erwiesen gelten konnte, wurde an die masticale, wie an die buccale und palatinale bzw. linguale Zahnfläche mit Hilfe eines Glasröhrchens genau temperiertes Wasser herangebracht. Dadurch, daß das Röhrchen jeweils längere Zeit in der Versuchsflüssigkeit belassen wurde, war wohl die Temperatur des Inhaltes des Röhrchens bestimmt. Nach jeder Applikation wurde das Röhrchen erneut in die Flüssigkeit zurückgegeben, um immer eine bestimmte Temperatur zu erhalten. Durch die Formgebung und die dadurch bedingte Übersicht wurden Berührungen der Schleimhaut, die zu falschen Angaben seitens des Patienten hätten führen können, vermieden. Traten bei einem Zahn bei der Berührung mit Wasser von einer Temperatur, die gemäß der Thermometrie nach Walkhoff, Thermokurven nach Kantorowicz, keinerlei Reaktion auslösen dürfte, irgendwelche Schmerzen oder auch nur für den Patienten unangenehme Empfindungen auf, so wurde der Zahn wegen Verdacht auf Pulpenerkrankung von der Untersuchung ausgeschlossen. Absichtlich wurde die Untersuchung in möglichst gleichem Prozentsatz an Zähnen mit sogenanntem blauem und solchen mit gelbem Schmelz unternommen, um damit gleichzeitig zu erweisen, ob und inwieweit die Farbe des Schmelzes auf die Reizleitungs- und Empfindungsfähigkeit des Schmelzes Einfluß hat. Vorwegnehmend kann ich diese Frage verneinen, es wurde in keinem Fall ein Unterschied oder eine Besonderheit einer der beiden Schmelzarten thermischen Reizen gegenüber festgestellt.

Wenn ich jetzt dazu übergehe, die das Thema behandelnde Literatur auch nur einigermaßen vollständig zu besprechen, so sehe ich mich vor eine Aufgabe gestellt, die bei der außerordentlichen Fülle der vorliegenden Arbeiten zwingt, nur auf die wichtigsten und ernstesten Forscher etwas genauer einzugehen. Bei der ober-

flächlichen Betrachtung eines Zahnes könnte man der ältesten Auffassung darüber beipflichten, daß es sich um einen Knochen, einen Stein oder ein anorganisches Gebilde ohne Leben und Empfindung handele. Aber schon sehr bald mußten die Anhänger dieser Meinung die überraschende Feststellung machen, daß die Empfindlichkeit des Zahnes bei weitem zu gering eingeschätzt war, als sie begannen, Zähne zu behandeln, in ihnen zu bohren, sie zu beschleifen. Mit diesem Augenblick beginnt die Zeitspanne, in der sich die Aufmerksamkeit der Fachwelt auf die Ursache dieser enormen Empfindlichkeit im Zahn richtet. Es liegt schon beinahe 70 Jahre zurück, daß der Kampf um diese Frage entbrannt ist, und wenn wir das Ergebnis heute betrachten, so ist zwar viel geforscht, gesehen, photographiert und geschrieben worden, ein endgültiges, unanfechtbares Resultat fehlt indessen vor wie nach. Eine Einigung über die Gründe und Ursachen der Empfindlichkeit ist bis heute nicht zustande gekommen. Walkhoff (4) versucht mit seiner Reizleitungstheorie, durch Leitung des protoplasmatischen Inhaltes der Dentinkanälchen zu den Odontoblasten, in denen die Pulpanerven endigen, den Bohrschmerz zu erklären und mit ihm teilen, wenn auch in mannigfachen Variationen, viele Forscher der früheren Zeit diese Auffassung. In neuerer Zeit erst hat sich die Ansicht, daß es sich beim Bohrschmerz um direkte Reizung von Nervenendigungen handele, vielfach durchgesetzt, und es liegen heute viele einleuchtende und verständliche Erklärungen und Versuchsergebnisse hierüber vor. Römer (5) und mit ihm Morgenstern glauben, die Pulpanerven durchzögen die Odontoblastenschicht und träten durch das Dentin hindurch bis in den Schmelz, wo sie als kolbenförmige Fortsätze endigen, wodurch die besondere Sensibilität der Schmelz-Dentingrenze erklärt wird. Röse (6) widerspricht dieser Auffassung und verweist auf Walkhoffs Aufnahmen, nach welchen Morgenstern's Nervenendigungen die Fortsetzung der Dentinröhrchen sind. Um die Jahrhundertwende entbrennt ein heftiger Streit zunächst wegen der Frage: „Nerven im Zahnbein" zwischen Römer, Walkhoff und Morgenstern. So gibt Römer in seinen „Zahnhistologischen Studien" folgenden Bericht als Ergebnis seiner Forschung. Es verlaufen Nerven im Zahnbein, die „kleinen runden oder ovalen Körperchen im Inneren der kolbenförmigen Fortsätze der Zahnbeinröhrchen an der Schmelz-Dentingrenze sind als sensible Endapparate der in den Zahnbeinröhrchen verlaufenden Nervenfasern anzusehen." Hautpapille und Zahn werden vom Verfasser in ihrer Morphologie verglichen, das Dentin bildet die bindegewebige Papille, während der Schmelz den epithelialen Überzug darstellt, wobei er auf die Tatsache hinweist, daß die Nervenendigungen in der Haut und Schleimhaut ebenfalls besondere Endkörperchen, die soge-

nannten terminalen Endkörperchen der sensiblen Nerven, bilden, wie wir sie in den Meißner'schen und Vater Paccini'schen Körperchen vor uns haben. Morgenstern (7) geht noch weiter, indem er auf der Zahnbeinoberfläche außer den in den Schmelz hineinragenden Nervenendigungen noch ein besonderes Nervenblatt gesehen haben will. Gysi (8) bestreitet diese Auffassung entschieden und glaubt, Walkhoff beipflichten zu sollen. Der Inhalt der Dentinkanälchen ist Flüssigkeit. Die Wirkung der Anaesthetika erklärt er durch Coagulation dieses flüssigen Inhaltes, wodurch das Vermögen der Reizleitung aufgehoben wird. Bei vorsichtiger Entkalkung mit 2%iger Salzsäure will Morgenstern (9) eine Ablösung des Schmelzoberhäutchens gesehen haben. An den Stellen der Schmelzrisse haftet es fest und zeigt nach völliger Entkalkung deutliche Verbindung mit dem Dentin. Im Jahre 1906 veröffentlichte derselbe Verfasser (10) eine Reihe von Ergebnissen, die zum Teil neu sind und eigenartig anmuten. Er glaubt ein Röhrensystem gefunden zu haben, das fast unabhängig von der Pulpa den Zahn an einem regelmäßigen Stoffwechsel teilnehmen läßt und ihm eine nervöse Versorgung gibt. Das wichtigste nutritive Organ für den Zahn ist die Wurzelhaut. Von ihr aus nimmt das Kanalsystem seinen Ausgang. Über eine 0,002—0,001 starke, die Wurzel bekleidende Schicht nimmt sein Lymphsystem den Weg durch das Cement und das Dentin bis zu den Spalträumen des Schmelzes, was durch Farbstoffinjektionen nachgewiesen wurde. Alle Röhrchen und Kanälchen seines Systems bergen in ihrem Inneren eine Faser, die sich bei Anwendung spezifischer Nervenfärbe-Methoden „leicht" darstellen lassen. Da auch die am Zahnhals in den Schmelz hineinragenden Nervenfasern mit diesen Fasern anastomosieren, glaubt er den Beweis dafür gebracht zu haben, daß es sich im vorliegenden Falle ebenfalls um Nervenfibrillen handelt. Sodann zieht Morgenstern zur Erhärtung seiner Behauptung die Tatsache heran, daß selbst tote, — d. h. Zähne nach Totalexstirpation der Pulpa — bisweilen erhebliche Empfindlichkeit an gewissen Stellen aufweisen können, was aus der nervösen Verbindung mit dem Periodont erklärt wird. Seine Ausführungen gipfeln in der Beschreibung eines kontinuierlichen Lymphstromes im Zahn, der von der Wurzelhaut über die Spalträume des Cementes, die Kanälchen der intermediären Schicht durch die Körnerschicht und die Interglobularräume zu den durch die letzteren tretenden Dentinfasern seinen Weg nimmt. So unwahrscheinlich bei der ersten Betrachtung dieses System erscheint und so überraschend für die Fachwelt diese Ausführungen Morgensterns waren, so findet sich schon bald ein Verteidiger dieser Auffassung. Peckert (11) stellt ein von Morgenstern kurz vor seinem Tode verfaßtes Manuskript zusammen und veröffentlicht es im

Jahre 1909. Im Mittelpunkt dieser Betrachtungen stehen wiederum Stoffwechsel- und Sensibilitätsvorgänge in den harten Zahnsubstanzen. Trotz Verkalkung der Pulpa — physiologische Verzahnung — bleiben, so führt Morgenstern aus, Schmelz und Dentin empfindlich, woraus der Schluß gezogen wird, daß für die Empfindlichkeit der Hartsubstanzen ein anderes Organ als das Pulpanervensystem verantwortlich sei. Er glaubt, wie schon oben erwähnt, die Wurzelhaut als den Ausgangspunkt sowohl für nutritive wie für sensible Bahnen ansehen zu müssen (12). Diese Behauptung stützt sich wiederum auf die Empfindlichkeit wurzelbehandelter Zähne. Ähnliche — allerdings vereinzelt und als Ausnahme dargestellt — Fälle schildert Düringer (13), der auch auf die Möglichkeit eines nervösen Zusammenhanges mit der Wurzelhaut verweist. Ich selbst konnte bisher einen einzigen derartigen Fall beobachten, wo nach einer einwandfrei durchgeführten Pulpenexstirpation eine Empfindlichkeit der Wandung des Kanaleinganges festzustellen war. Während die feine Millernadel sich ohne jede Empfindungsäußerung seitens des Patienten bis tief in den sehr weiten Wurzelkanal einführen ließ, löste jede Berührung des Kanaleinganges einen erheblich stechenden Schmerz aus. Wegen der Singularität dieser Erscheinung möchte ich mich jeglicher Vermutung über deren Ursache enthalten. Wie sich Morgenstern die Ernährung, weiterhin die Ernährungswege vorstellt, ist im Vorhergehenden zur Genüge dargelegt worden, wobei besonderer Wert auf die Spaltfasern des Schmelzes gelegt wird. Die von fast allen Forschern beobachteten und beschriebenen Fortsätze der Dentinröhren oder Fasern in den Schmelz werden als Querschnitt seiner Spalt- und Spurfasern gedeutet. Peckert gibt eine zusammenfassende Übersicht der von Morgenstern angewandten Färbe-Untersuchungsmethoden, deren Ergebnisse in jedem Fall die einwandfreie Darstellung seines Systems ergeben habe, welches als Lymph- bzw. Nervbahnsystem zu Tage tritt. Im Schmelz lassen sich Fibrillen häufig bis zur Oberfläche verfolgen, sowohl einzeln wie in Bündeln, die vom Dentingrenzfasersystem durch eine Schmelzspalte und auch durch die interprismatische Substanz verlaufen und unmittelbar unter der Schmelzoberfläche knopfförmig enden. Das Verhalten dieser Fibrillen Farbstoffen gegenüber, der vereinzelte Nachweis von Kernen und die Tatsache, daß einzelne Fasern sich bis zu den Nervenstämmen der Wurzelhaut zurückverfolgen ließen, lassen keinen Zweifel darüber zu, daß diese Fibrillen mit Nervenfasern identisch sind. Es ist dieses das erste Mal, daß der Versuch gemacht wird, den Zahnschmelz als vitale — sowohl nutritiv wie sensibel versorgt — darzustellen. Ebenso wie Peckert nimmt Euler (14) für Morgenstern und sein System Partei. Nach einer übersichtlichen Darstellung des Mor-

genstern'schen Systems, die hier nicht wiederholt zu werden braucht, führt er mit Teilergebnissen späterer Forscher den Kampf für Morgensterns System, indem er in mancherlei Berichten eine Bestätigung für ihn sieht. So macht beispielsweise Schweitzer Angaben über ein Lymphsystem der Pulpa. Shamine (15) gibt in einer umfangreichen Arbeit seine Ergebnisse dahin bekannt, daß im Cement regelmäßig ein Kanalsystem vorhanden sei und daß er an eine Ernährung nur des Cementes von der Wurzelhaut aus glaubt (das wäre die äußere Kommussur Morgensterns). Fischers (17) Arbeit über die Biologie der Zahnpulpa wird von Euler ebenfalls herangezogen. Nach ihm stehen Wurzelhaut und Wurzelpulpa in engster Verbindung miteinander. Das Zugrundegehen des Periodonts zieht herabgesetzte Tätigkeit der Wurzelpulpa nach sich, während bei Vernichtung der Pulpa erhöhte Tätigkeit der Wurzelhaut zu beobachten sei, was Euler als Bestätigung für Morgensterns Theorie vom Saftaustausch auslegt, vorläufig allerdings nur für den Wurzelteil. In Bezug auf den Kronenteil schließt sich Verfasser der „allgemein anerkannten These" über Schmelzernährung an, die Fischer (16) in seinem Lehrbuch der Anatomie niedergelegt hat. „Die Safteinfuhr erfolgt durch die Thomes'schen Fasern bzw. die Dentinkanälchen. Ein Teil der letzteren überschreitet die Schmelz-Dentingrenze und endigt entweder in Kolben- oder Büschelform im Schmelz. Speziell den einzelnen Fasern der Büschel kommt eine Bedeutung für die Ernährung des Schmelzes zu." An Hand eigener Aufnahmen versucht Euler den Beweis für den Zusammenhang zwischen den Morgenstern'schen Spalt- und Spurstreifen und dem Dentin zu erbringen. Wenn seine Ansicht sich auch nicht in allen Punkten mit der Morgensterns deckt, so glaubt er wie jener an praeformierte Ernährungsbahnen. Solange der Schmelz vom Mundhöhlenepithel überkleidet ist, geht von diesem die Ernährung aus. Nach Durchbruch des Zahnes und Bildung der Cuticula dentis übernimmt die Zahnpulpa und die Wurzelhaut die Ernährung über diese Bahnen. Senile Erscheinungen werden durch Verengerung des Lumens dieser Bahnen infolge von Verkalkungsvorgängen gedeutet. Wenn die Arbeit Morgensterns sich grundsätzlich und mit großer Bestimmtheit für die Vitalität des Schmelzes einsetzt, so folgt schon 2 Jahre später ein Autor, der das Gegenteil als die richtige Auffassung angenommen wissen will.

Dependorf (18/19) nimmt für Walkhoff Partei, der die Ursache für die Sensibilität des Zahnes einzig und allein in der Randzone der Pulpanerven sucht. Daß Pulpanerven in die Odontoblastenschicht eintreten, setzt er als selbstverständlich voraus. Darüber hinaus verlaufen Fasern nach Bildung eines feinen Netzes ins Dentin, teils den Thomes'schen Fortsätzen folgend, teils unab-

hängig von diesen bis zur Schmelz- bzw. Cement-Dentingrenze. Er fordert als Beweis für das Vorhandensein von Nervenfasern den direkten, das heißt, den anatomisch histologischen Nachweis derselben. Der indirekte Weg, die Empfindung, dürfe nur als unterstützender Faktor herangezogen werden. Zweierlei Möglichkeiten, die zur endgültigen Entscheidung des Streites führen können, gibt es. Entweder der einwandfreie Nachweis von Neurofibrillen im Dentin — Morgenstern — oder aber das Gegenteil, womit Walkhoff's Reizleitungstheorie an Wahrscheinlichkeit gewinnen würde. Im folgenden beschäftigt sich Dependorf eingehend mit der Nervenfrage im Zahnbein. Seine Ansicht über dieses Thema legt er in folgenden Sätzen nieder: „Es treten Neurofibrillen aus der Pulpa in die Odontoblastenschicht ein und durch sie hindurch an die Thomes'schen Fasern und ins Dentin. 2. Es treten in der Dentingrundsubstanz, unabhängig von den Thomes'schen Fasern, Neurofibrillen auf. 3. Es verlaufen Neurofibrillen im Dentinrohr selbst." Aus der Zweiheit der Nervenwege glaubt Dependorf auf eine verschiedene Natur der Nerven schließen zu dürfen. Einmal könnten es solche, die der Empfindung dienen, zum anderen solche, die den Stoffwechsel besorgen, sein. Die Entscheidung über die Richtigkeit dieser Annahme läßt er offen. Seiner Ansicht nach finden sich die Endigungen dieser Nerven sowohl im Zahnbein, als auch an der Schmelz-Dentingrenze, was einer Bestätigung Morgenstern'scher Behauptungen sehr nahe kommt. Mummery (20) gelangt auf anderem Wege zu derselben Meinung, die Dependorf in den angeführten Arbeiten niedergelegt hat. Feiler (21) steht ganz auf dem Boden Morgensterns, wenn er auf jeden Fall einen Stoffwechsel — Kalkstoffwechsel — annimmt. Wie schon eingangs erwähnt wurde, tritt Kleinsorgen (3) für eine Lösung der Frage auf biologischen Grundlagen ein. Es widerspricht jedem biologischen Empfinden, daß ein so hoch organisiertes Organ, wie es der menschliche Zahn darstellt, ein totes, vom übrigen Organismus abgeschnittenes Element sein soll. Er legt seinen Ausführungen den Satz zu Grunde: „Es müssen Nerven im Zahnbein vorhanden sein." Vom Standpunkt des Biologen und Physiologen lehnt er die Reizleitungstheorie beim Zahne ab, wie sie Walkhoff über die protoplasmatische Substanz im Dentin propagiert. Ausgesprochene Schmerz-, Tast-, Warm- und Kaltempfindungen sind nur den hochentwickelten Tierreihen eigen, die ein höchstdifferenziertes Nervensystem besitzen, während bei den weniger entwickelten Lebewesen protoplasmatische Reflexe auf alle Reize bekannt sind. Schmerzen, wie wir sie in den Zähnen auf alle möglichen Reize auftreten sehen, erfordern unter allen Umständen ein hochentwickeltes Nervensystem mit feinster Differenzierung und sind auf plasmatischem Wege nicht zu erzielen.

Nach einigen allgemeinen biologischen und physiologischen Ausführungen über die Grundgesetze der Empfindung und ihrer Entstehungsweise, der Verteilung von Kalt- und Warmpunkten sowie Tast- und Schmerzpunkten in der Haut stellt Kleinsorgen die Behauptung auf, daß im Zahn Kalt- und Warmpunkte existieren — der Schmerzsinn wird als gegeben behandelt —, was er aus den Sensationen „Kalt" und „Warm" schließt. Er fordert von den Anatomen nicht den Nachweis von Nerven überhaupt, — an ihrer Anwesenheit kann nach Ansicht des Verfassers nicht gezweifelt werden — sondern den der nach neuerer nervenphysiologischer Auffassung für den Schmerzsinn, den Tast- und Temperatursinn verantwortlichen Nervenendorgane, also Nervenspitzen und Endanschwellungen, die ja nach seiner Auffassung da und damit auch darstellbar sein müssen. Sodann greift der Verfasser die Deutung des transparenten Zahnbeins an, das einmal als Abwehrmaßnahme, also als gesteigerte Lebenstätigkeit, andererseits als senile Erscheinung der verlangsamten Lebenstätigkeit ausgelegt wird. Er verlangt Klärung dieses Widerspruchs. Er hält die Transparens für den Beginn des Zerfalls. Leider versäumt er, Auskunft darüber zu geben, ob und in welcher Weise er hier den Anschluß an seine Ausführungen über die Vitalität der harten Zahnsubstanzen zu konstruieren gedenkt. Immerhin ist seine Arbeit von tiefer Überzeugung des Physiologen und Biologen getragen, deren Meinung er in leidenschaftlicher Form Geltung zu schaffen sucht. Mit seinem Vortrag vor dem Central-Verein deutscher Zahnärzte im Jahre 1913 greift Kantorowicz (22) in die Debatte um die Vitalität des Zahnschmelzes ein. Die von Fischer (17) als Haupternährungsbahnen des Schmelzes bezeichneten Schmelzbüschel, die jeweils mit einem Dentinkanälchen in Verbindung stehen sollen, von anderen Forschern als Spurstreifen, Kittsubstanz, mechanisch bedingte Defekte oder komprimierte Schmelzprismen gedeutet, sind nach seiner Auslegung restierende, mangelhaft verkalkte organische Bestandteile, was er durch das Entkalkungsverfahren als erwiesen betrachtet. Verbindungen zwischen den Büscheln und den Dentinkanälchen bestehen nicht, und wo solche angeblichen Verbindungen gesehen werden, werden sie als Zufallsbefund hingestellt. Den minimalen Anteil des Schmelzes an organischer Substanz, die zum Teil auch verkalkt ist, den bisher fehlenden Beweis eines Flüssigkeitsaustausches zwischen Schmelz und Dentin, führt der Verfasser gegen die Vitalisten ins Gefecht. Leider sind in seinem „Handbuch der klinischen Zahnheilkunde" (23) die Gegenüberstellungen der Gründe der beiden verschiedenen Forschergruppen nicht immer von rein wissenschaftlichem Geist getragen, und die von ihm aufgestellten Sätze durchaus anfechtbar, wenn wir sie nicht von vornherein als unwissenschaftlich ablehnen

wollen. Seine Behauptungen wegen des fehlenden Flüssigkeitsaustausches zwischen Schmelz und Dentin bekräftigt er in seinem Vortrag durch die Resultate der von ihm durchgeführten Injektionsfärbeversuche. Es wurden durchsägte und durch Ausräumung des Pulpenkavums präparierte Zähne einmal von der Wurzelseite her mit Farbstoff injiziert, dann wurde derselbe Versuch von der Schmelzseite her unternommen. In beiden Fällen war selbstverständlich die jeweils abgewandte Seite gegen jedwede Flüssigkeitszufuhr durch Wachsüberzüge geschützt. Es zeigte sich nun bei der Injektion; von der Wurzelseite ließ sich eine Imprägnation des Schmelzes nur an Stellen von Bildungsfehlern feststellen, während Dentin und transparente Zonen imbibiert waren. Bei den Färbeversuchen vom Schmelz aus traten vereinzelt Farbflecke auf, und zwar nur da, wo der Schmelz defekte oder kariöse Stellen aufwies. Das Zahnbein blieb in jedem Falle ungefärbt. Mit diesen Färbeversuchen, die übrigens des öfteren von anderen Forschern modifiziert und wiederholt worden sind, glaubt Kantorowicz den Beweis eines Nichtvorhandenseins von Flüssigkeitsaustauschvorgängen an der Schmelz-Dentingrenze erbracht zu haben. Als Nebenbefund bei der Färbung von der Wurzel her zeigten sich die kolbenförmigen Fortsätze als tief rot gefärbte Elemente im Schmelz, wo sie unmittelbar oberhalb der Schmelz-Dentingrenze endigen. Eine Bestätigung dieser Auffassung, die, wie ich vorher erwähnte, sehr ausführlich in Kantorowicz' Handbuch der klinischen Zahnheilkunde I nachzulesen ist, finden wir einige Jahre später in den Ausführungen Proells (24) über Vitalfärbungen mit Alizarin. Nur das wachsende Dentin — niemals aber der Zahnschmelz — zeigten nach Alizarininjektionen typische Färbung. 1921 macht Friedeberg (25) erstmalig auf die Verwendungsmöglichkeit des ultravioletten Lichtes in der Schmelzforschung aufmerksam, wodurch die Strukturelemente bis zu 0,000275 sichtbar gemacht werden können, welche Angaben Walkhoff (26) später bestätigt. Nerven ließen sich selbst bei dieser exakten Darstellungsmethode bisher nicht auffinden. Die Arbeit Walkhoffs, die sich mit dem Ergebnis fast aller übrigen Forscher auseinandersetzt, ist sehr interessant — eine kurze zusammenfassende Darstellung derselben wegen des reichen Inhaltes sehr schwer und würde über den Rahmen dieser Arbeit hinausgehen. Der Verfasser hält auf jeden Fall an seiner Reizleitungstheorie fest. Was Dependorf als Nerven auslegen zu dürfen glaubt, sind, so sagt Walkhoff, restierende v. Ebner'sche Fibrillen oder v. Korff'sche Fasern, welche Verwechselung leicht unterlaufen konnte, da Dependorf seine Untersuchungen in Hauptsache an jungen Zähnen anstellte. Die Tatsache, daß Pulpanerven in die Odontoblasten eintreten und als marklose Fasern bis zur Grenze der dentinogenen

Substanz verlaufen, ist nicht zu leugnen. Im zweiten Teil dieser Arbeit schildert der genannte Verfasser die von ihm für die Empfindlichkeit des Dentins aufgestellte Reizleitungstheorie. Er entgegnet den Bemerkungen Kleinsorgens, der eine protoplasmatische Reizleitung bei hoch entwickelten Tieren als physiologischen Nonsens ablehnt und führt zum Vergleich und zur Erklärung die „Alles oder Nichtstheorie" aus der Physiologie des Herzmuskels an. Auch hier werden durch Reize, welche nicht eine Reizleitungsbahn — Nerv — selbst treffen, über die Muskelsubstanz reflektorisch Kontraktionen ausgelöst. Zwei weitere interessante Gegensätze sehen wir in den Arbeiten von Hradsky (27) und Türkheim (28). Hradsky gelangt auf Grund entwicklungsgeschichtlicher Erwägungen zu der Überzeugung, daß der Schmelz auch nach seiner Fertigstellung — in der Entwicklungsgeschichte des Zahnes wird der Schmelz von allen Forschern in gleicher Weise als lebende Substanz angesehen — lebendes Gewebe sei. Stürbe er ab, so müßten sich auch Symptome für diesen Vorgang des Absterbens finden lassen, wie wir sie bei toten Körpern im übrigen Organismus in Form der Ausstoßung von Sequestern oder Milchzahnkronen, Verfärbung von toten Zähnen und ähnliches mehr, sehen. Türkheim dagegen vermißt alle Zeichen von Leben im Schmelz. Lebensvorgänge sind an protoplasmatische Substanz, die im Schmelz höchstens 3% ausmacht, gebunden. Ein wichtiges Kriterium für Leben sind Fortpflanzung, Wachstum und Entwicklung. Ersteres fällt ganz weg, während Wachstum und Entwickelung nur solange nachgewiesen sind, wie das Schmelzorgan funktioniert. Auch sind nach Türkheim Stoffwechselvorgänge bisher als nicht nachgewiesen anzusehen, da sonst eine Abrasio bis auf das Dentin unmöglich wäre. Er zieht zum Vergleich das Wort „Steter Tropfen höhlt den Stein" heran, wobei auf das Wort „Stein" besondere Betonung zu legen ist. Ob wir Türkheim's Ausführungen ohne Widerspruch hinnehmen können, steht dahin. Ich verweise nur in Bezug auf die erwähnte Abrasio, das heißt, kampf- und reaktionsloser Substanzverlust durch mechanische Insulte, auf eine noch zu besprechende Arbeit Mummery's über translucente Zonen im Schmelz. Mit Absicht habe ich diese beiden, wenn auch zeitlich nicht zusammenfallenden Arbeiten einander gegenübergestellt, um daran zu zeigen, wie grundsätzlich verschieden schon der Ausgangspunkt der Betrachtungen über die Verhältnisse im Schmelz sind und wie kraß sich die Meinungen zweier durchaus ernster Forscher gegenüberstehen. Mit der Zeit schreitet auch die Erkenntnis fort, daß das Zahnbein wenigstens unter allen Umständen von Nerven durchzogen ist. So findet auch der energische Gegner allmählich den Weg zu dieser Überzeugung.

Walkhoff (29) läßt die Frage, ob die von ihm im Zahnbein

mit ultraviolettem Licht sichtbar gemachten Fasern bindegewebiger oder nervöser Natur sind, offen. Er geht damit zum mindesten von der bisher von ihm behaupteten und verteidigten unbedingten Verneinung von Nerven im Zahnbein ab, indem er die Möglichkeit des Gegenteils zugibt. Allerdings betrachtet er auch weiterhin die Nachweise früherer Autoren als nicht beweisend und rät zu dem Versuch, eine der beschriebenen Fibrillen von der Pulpa aus bis zu der empfindlichen Schmelz-Dentingrenze zu verfolgen und sie als Nervenfaser einwandfrei zur Darstellung zu bringen. In der schon erwähnten Arbeit geht Mummery (30) (31) sogar soweit, alle Empfindungen in den Zähnen auf direkte Kontinuität von Nervenfasern zurückzuführen und Auffassungen, wie die Reizleitungstheorie als vage und höchst unwahrscheinlich abzulehnen. „Transluzenten Zonen" im Schmelz, wie er sie analog den transparenten Zonen des Dentins bei Caries, sowohl histologisch wie färberisch mit denselben übereinstimmend, sah, sind von ihm als Reaktionserscheinungen des Schmelzes ausgelegt und damit der Beweis für die Vitalität des Schmelzes erbracht worden. Fast zu gleicher Zeit gibt Hopewell-Smith (32) seiner Meinung dahin Ausdruck, daß der Schmelz als verkalktes Sekret ektodermalen Ursprungs zu betrachten sei, das weder Blut- noch Nervenbahnen, Zellen oder Bindegewebe noch lebendes Protoplasma enthalte und daher Lebensvorgänge im Schmelz ausgeschlossen seien. In der Folgezeit fehlen fast völlig Arbeiten solcher Forscher in der zahnärztlichen Literatur, die dem Zahnschmelz die Vitalität absprechen, wodurch die letztgenannte Arbeit um so eigenartiger anmuten muß. Um so größer ist die Zahl derer, die in mannigfachster Weise Angaben über Stoffwechselvorgänge und Empfindlichkeit und deren Bahnen im Schmelz und Dentin machen. So bezeichnet Meyer (33) die kolbenförmigen Fortsätze als Fortsetzung der Dentinkanälchen und macht sie für die außerordentliche Empfindlichkeit des Zahnes an der Schmelz-Dentingrenze verantwortlich. In der Zeitschrift für Stomatologie gibt Faber (34) über einige von ihm an entfernten Zähnen sowie intra vitam angestellte Färbeversuche als Ergebnis die Färbbarkeit des Schmelzes, die nach der Peripherie regelmäßig abnimmt, bekannt, wodurch die Möglichkeit eines Stoffwechselaustausches als gegeben angesehen werden muß. Ähnlich wie Faber sieht Perna (35) eine innige Verflechtung der Odontoblastenfortsätze mit Capillaren und Nerven im Zahnbein. Über weitere ausgiebige Färbeversuche berichtet Kato (36). Er hält die Interprismatische Substanz für Schmelzröhrchen mit faserigem Inhalt, welche mit den Dentinröhrchen in Verbindung stehen. Bei apicaler Farbstoffinjektion färbten sich diese Kanälchen sowohl im Dentin wie im Schmelz und zwar bis zum Schmelzoberhäutchen. Sie werden als Vermittler des Kalkstoffwechsels in den

Zähnen angesprochen. Mit dem gleichen Ergebnis stellt Urbantschitsch (37) Vitalfärbungen an Mäusen und Fledermäusen an, indem er Farbstoff intravenös injiziert. Desgleichen gelingt ihm durch Kataphorese mit Hilfe des elektrischen Stromes Imbibierung des Zahnschmelzes. Seine Befunde werden wie bei Kato als Möglichkeit von Stoffwechselvorgängen zwischen den beiden Hartsubstanzen ausgelegt. Um Wiederholungen, die sich in der Literatur der Neuzeit häufen, zu vermeiden, seien aus der letzten Zeit nur mehr einige besondere Ausschnitte aus dem einschlägigen Schrifttum niedergelegt. In seiner Dissertation berichtet Kronik (38) über Kanäle im Schmelz, die „offenbar" mit den Dentinkanälchen kommunizieren. Kolbenförmige Fortsätze sind bis tief in den Schmelz hinein beobachtet worden. Mit Weski nimmt Kronik an, daß die Schmelz-Dentingrenze mit zunehmendem Alter des Zahnes infolge Resorption des Dentins und Neubildung von Schmelz pulpawärts wandere, wobei restierende, der Resorption nicht verfallende Dentinkanälchen von neugebildetem Schmelz eingeschlossen werden und später dort als kolbenförmige Fortsätze oder ähnliche Gebilde auftreten. Zweier Vertreter der modernen Zahnheilkunde sei am Schluß des literarischen Teils dieser Arbeit gedacht. Dieck und Münch, beide sind Vertreter des Vitalismus. Ersterer (39) veröffentlicht eine zusammenfassende Übersicht über die von dem Japaner Tojoda unter seiner Leitung angestellten Versuche. Die veraltete Auffassung der Walkhoffschen Reizleitungstheorie wird für so hoch organisierte Gewebe, wie sie die Hartsubstanzen der Zähne darstellen, als unwahrscheinlich und den neueren Forschungen nicht entsprechend abgelehnt. Tojoda's Präparate verdienen besondere Beachtung wegen des neuen Verfahrens der Reinigung durch Elektroosmose, wodurch größtmöglichste Schonung der Substanz gewährt ist. Die Ergebnisse will ich im folgenden kurz skizzieren. 1. Nervenfasern aus der Pulpa treten als marklose Fasern zwischen den Odontoblasten hindurch in das verkalkte Dentin ein und verlaufen mit den Zahnbeinfasern. Ebenso finden sich Nerven in der Dentingrundsubstanz. 2. Bis weiter als zur Hälfte des Zahnbeins sind Nervenfasern gesehen worden, selten jedoch bis zur Schmelz-Dentingrenze. Im Entwicklungsstadium sind keine Nerven unmittelbar unter der Papille zur Darstellung zu bringen, jedoch vermögen sie in das verkalkte Dentin periphärwärts hineinzuwachsen. — Walkhoff hält ein Eindringen dieser Fasern in eine verkalkte Substanz für unmöglich: Der Verfasser. — Die große Sensibilität an der Schmelz-Dentingrenze läßt das Vorhandensein feiner, mit den heutigen technischen Hilfsmitteln nicht darstellbarer Fäserchen auch dort vermuten. Zur Darstellung kamen die Nerven in Perlschnurform, das heißt, die Nervensubstanz war durch die Vorbereitung

der Präparate zur Gerinnung gebracht. Die Forderung Walkhoff's, daß zum Beweis für das wirkliche Vorhandensein von Nervenfasern im Zahnbein nur der anatomisch-histologisch einwandfreie Nachweis und das Zurückverfolgen einer Faser von der Pulpa bis zur Schmelz-Dentingrenze erforderlich sei, scheint Münch (40) mit seinen Versuchen gelungen zu sein. Er wählt bei seinen Präparaten die künstliche Verdauung, das heißt, er ließ Pepsin in saurer Lösung auf das Untersuchungsmaterial einwirken, wodurch lediglich die unlösbaren Elemente der Nerven, das sind Neurokeratin und Achsenzylinder zur Färbung kamen. Alle übrigen Bestandteile, die zu Verwechselungen mit anderen Gewebselementen führen könnten, fielen der Verdauung anheim. Er schließt sich der Meinung Dependorfs und Mummerys an, wonach Pulpanerven in die Odontoblastenschicht eintreten, und brachte weiter ein äußerst feines Endgeäst nahe der Schmelz-Dentingrenze zur Darstellung, das nach Münchs Deutung bei der angewandten Methode und der außerordentlichen Feinheit der Fasern nur ein Nervengeäst – wohl das von Tojoda vermutete – der Verfasser – sein kann und nicht mit protoplasmatischen Elementen verwechselt werden kann. Im Schmelz sah Münch keine derartigen Fasern, die auf dessen nervöse Versorgung hindeuten könnten und er vermutet dort auch keine Nerven, da ja Bohren und Schleifen im Schmelz keinerlei Schmerz auslöst. Auf Grund physiologischer Gesetze und der Erfahrungen mit nervenlosen Lebewesen — Rhizopoden — dürfte eine Reizleitung, wie Walkhoff sie annahm, nicht mehr zur Diskussion stehen, zumal auch ein Eintreten der Pulpanerven in die Odontoblasten selbst bis heute nicht nachgewiesen ist, was aber abgesehen von allgemeinen physiologischen Grundsätzen als erste Bedingung für die Aufrechterhaltung dieser Theorie erforderlich wäre. In einer späteren Arbeit bringt Münch (41) bei der Behandlung der Frage der Vitalität des Schmelzes einige Mikrophotogramme, aus denen „deutlich" ein Kanalsystem — vor allem bei Aufnahmen von jugendlichen Zähnen — zu sehen ist. Über die Genese dieser Kanäle sowie über ihre Bedeutung für den Schmelz wird keine Auskunft gegeben.

Bevor ich meine eigenen Versuche und deren Ergebnis mitteile, möchte ich versuchen, aus der Gesamtheit der literarischen Auszüge das Resümé zu ziehen. Ich fühle mich, da sich meine Untersuchungen lediglich auf klinischem Boden bewegen, nicht berufen, ablehnende oder gutachtende Kritik zu üben an anatomisch-histologischen Forschungen und Darstellungen. Jedoch glaube ich, nach dem vorliegenden Material der Ansicht Diecks und Münchs zustimmen zu können, da sie mir als die nächstliegende und verständlichste erscheint. Einzelheiten dabei hervorzuheben, Genaueres über Wege und Bahnen von Stoffwechselvorgängen zu be-

richten, ist nicht Aufgabe der vorliegenden Arbeit. Jedenfalls hat sich die Erkenntnis Bahn gebrochen, daß das Dentin ein mit Nerven versorgtes Gewebe darstellt, daß an der Schmelz-Dentingrenze das Endgeäst dieses Nervensystems liegt und diese Auffassung hat sich mir im Laufe der Anfertigung der Arbeit aufgedrängt, zumal ich in gewisser Weise durch meine Versuche eine Bestätigung hierfür fand.

Wenn ich nunmehr dazu übergehe, meine eigenen Erfahrungen über das Unterscheidungsvermögen der Zähne für kalt und warm mitzuteilen, so möchte ich auf die von mir an früherer Stelle beschriebene Versuchsanordnung verweisen. Die bei der Bearbeitung des Themas sich einstellenden wichtigen Fragen der Histologie und Physiologie der Zähne sind im wesentlichen folgende: 1. Vermögen die menschlichen Zähne Kälte und Wärme voneinander zu unterscheiden? 2. Ist der Schmelz eine von Nerven durchzogene Substanz? 3. Ist das Dentin mit Nerven versehen? 4. Welcher Art sind die möglicherweise vorhandenen Nerven? 5. Wo liegen die Rezeptionsorgane für die Temperaturempfindung im Zahn? Ich möchte bei der Beantwortung dieser Fragen, wie sie mir durch meine Versuche nahegelegt worden sind, nicht versäumen, die Arbeiten, die sich direkt mit diesen Problemen beschäftigen, zu streifen. Sie wurden mit Absicht für diesen Teil der Arbeit zurückgestellt. Auch sei es mir gestattet, aus der Fülle der Beispiele einige, die ich immer typisch wiederkehrend fand, zur Abschrift zu bringen. Die im Thema gestellte Kardinalfrage „Vermögen die menschlichen Zähne Kälte und Wärme voneinander zu unterscheiden?“ muß ich nach meinen Erfahrungen entgegen der Auffassung von Münch-Schriever (43), Steiner (42), Türkheim und Witt (44) mit einem Ja beantworten. In mehr als 90% aller untersuchten Zähne gab mir der Patient bei der Applikation von Temperaturen über 85° Celsius ein Gefühl der Wärme, bei Temperaturen unter plus 7° das Empfinden kalt an. Innerhalb dieser Temperaturgrenzen waren außer der Tastempfindung keinerlei Wahrnehmungen zu konstatieren. Wenn von Walkhoff, Türkheim und Witt die Grenze, innerhalb derer sich keine Temperaturempfindung ergab, bedeutend enger gezogen wurde, so liegt das daran, daß von mir ausschließlich intakte Zähne zur Untersuchung herangezogen wurden, während genannte Autoren die Versuche an freigelegtem Zahnbein vornahmen. Diese Versuche möchte ich der Übersicht halber später in einer besonderen Versuchsreihe anstellen und besprechen. Im Augenblick kam es mir darauf an, das Verhalten von Zähnen zu untersuchen, die eine einwandfreie Schmelzdecke besitzen. Steigerte ich die Temperatur bis zu 95° und höher, so trat zu der Angabe: „Dies ist warm“ meist noch eine Äußerung des Schmerzes. Desgleichen wurde bei-

spielsweise Eisapplikation als Schmerz empfunden. Ich glaube entgegen einigen anderen Autoren in dieser Tatsache durchaus keine Besonderheit der Nerven im Zahn sehen zu sollen, sondern sie lediglich als normale Erscheinung erklären zu sollen, wie wir sie auch bei sehr hohen oder niedrigen Temperaturen an der äußeren Haut täglich feststellen können. Geht nämlich die Temperatur über das erträgliche Maß hinaus, empfindet der Körper an allen Stellen ebenso wie ein Zahn die Wärme oder Kälte nicht mehr als solche, sondern als Schmerz, ohne Unterschied ob heiß oder kalt appliziert wurde. So wissen wir doch, daß sehr häufig bei plötzlicher Berührung einer Hautstelle mit sehr kalten oder heißen Gegenständen im ersten Augenblick nur Schmerz, erst später die Sensation warm oder kalt empfunden wird. Wenn die schmerzauslösenden und als kalt oder warm empfundenen Temperaturen erheblich über oder unter denen liegen, die bei den übrigen Körperstellen dieselben Empfindungen auslösen, so liegt der Grund hierfür meiner Ansicht nach in der isolierenden Wirkung des Zahnschmelzes. Daß die Rezeptionsorgane nicht im Schmelz, bestimmt aber nicht im peripheren Teil desselben liegen, geht außer aus den oben angeführten Gründen auch aus der Tatsache hervor, daß von der Applikation bis zur Wahrnehmung durch den Patienten eine geraume Zeit, die für die einzelnen Zahngruppen — Incisivi, Praemolares und Molares — bei allen Untersuchten ziemlich regelmäßig verstrich, hervor. Erst nach längerer Applikationsdauer vermochte der Patient seine Wahrnehmung anzugeben. Momentweises — das heißt, Bruchteile von Sekunden — Auftupfen verlief, außer bei sehr hohen und sehr niedrigen Temperaturen, stets ergebnislos. Der Zeit, die bei den Schneidezähnen 1—2 Sekunden, bei den Praemolaren 2—3, bei den Molaren bis zu 4 Sekunden betrug, möchte ich entnehmen, daß sie zur Leitung des Reizes zu den Rezeptionsorganen, die vermutlich an der Schmelz-Dentingrenze zu suchen sind, benötigt werden. Die Unterschiede erklären sich aus der verschiedenen Dicke der isolierenden Schmelzlagen der einzelnen Zahngruppen, wobei auch je nach der Berührungsstelle — Höcker, buccale Wand — mit der Versuchstemperatur Schwankungen auftraten. Als Reizleitungszeit im Nervenorgan selbst sind die angegebenen Zeiten auf keinen Fall zu werten, da, wie beispielsweise aus dem minimalen Zeitverbrauch zwischen Reiz und Reflex hervorgeht, diese Reizleitung von der Peripherie zum Zentralorgan und zurück zum Organ, das mit dem Reflex antwortet, nur einen Bruchteil einer Sekunde benötigt. Eine ähnliche Erklärung gibt S t e i n e r als Ergebnis seiner Untersuchungen an. Auch er sieht Wärmeempfindung bei ca. 80° und glaubt an eine Leitung durch den Schmelz zu den Zahnbeinnerven. Durch die mitgeteilten Ergebnisse sind die ersten Kardinalfragen bereits beantwortet. Daß

das Zahnbein eine nervös versorgte Substanz ist, darüber besteht heute in der Fachwelt wohl kaum noch ein Zweifel. Ich möchte als Beantwortung der letzten Frage nach der Beschaffenheit der Zahnbeinnerven denjenigen Forschern zustimmen, die zwei verschiedene Nervensysteme nebeneinander annehmen, eines, das die Schmerzempfindung vermittelt, ein zweites, das dem Temperatursinn dient. Zwar stellen Münch-Schriever und Witt auch die Kalt- und Warmpunkte im Zahnbein experimentell einwandfrei fest, vermögen bei der Reizung derselben mit Temperaturreizen aber nur eine reine Schmerzempfindung auszulösen. Ich möchte mir eine Stellungnahme zu diesen etwas eigenartig anmutenden Berichten für eine spätere Arbeit, die sich mit den Verhältnissen im Dentin befaßt, vorbehalten, da mir vorläufig keinerlei experimentelle Ergebnisse darüber vorliegen. Zum Schluß möchte ich noch einmal meine Ansicht über das Empfindungsvermögen in wenigen Sätzen folgendermaßen zusammenfassen:

1. Die intakten Zähne sind in der Lage, Temperaturen zu empfinden und sie voneinander zu unterscheiden.
2. Die Rezeptionsorgane für diese Empfindung liegen offenbar nicht im Schmelz, sondern sind im Dentin und an der Schmelz-Dentingrenze zu suchen.
3. In dem Zahnbein sind zwei verschiedene Nervensysteme nebeneinander anzunehmen, eine Bestätigung der spezifischen Schmerznerventheorie nach v. Frey.
4. Temperaturen zwischen ca. plus 5^0 und 85^0 Celsius werden vom intakten Zahn nicht empfunden, zwischen 85^0 und 95^0 reine Wärmeempfindung, desgleichen zwischen $+ 7^0$ bis $+ - 0^0$ rein Kälteempfindung. Temperaturen, die diese Grenze überschreiten, lösen neben der Temperaturempfindung Schmerzen aus.

Ehe ich einige Beispiele aus der großen Zahl der untersuchten Zähne hier anfüge, möchte ich noch von einer Sensation berichten, die mir sehr häufig begegnete. Bei der Applikation von vereister Watte wurde mir mit ziemlicher Regelmäßigkeit die Angabe „heiß“ gemacht, wozu dann Schmerzen genannt wurden. Dagegen wurde das Heranbringen einer stark erhitzten Metallkugel stets als heiß, also richtig empfunden. Eine Erklärung für diese Fehlangabe bei der Eisapplikation vermag ich bis heute nicht zu geben.

Im Folgenden gebe ich einige Beispiele meiner Versuchsergebnisse in Tabellenform wieder.

lfde. Nr.	Name	geprüfte Zähne	0-5°	15°	30°	70°	85°	95°	Eis	heiße Kugel	Bem.
1.	Schultze	16	K	—	—	—	W	Schm.	H. Schm.	H. Schm.	sehr sensibel
2.	Söckel	31	K	—	—	—	—	—	K. Schm.	H. Schm.	
5.	Stoll	17	K	—	—	—	W	W. Schm.	H. Schm.	H. Schm.	
7.	Scholz	23	K	—	—	-	W	Schm.	H. Schm.	H. Schm.	
11.	Martin	11	—	—	--	—	W	W	H. Schm.	H. Schm.	
15.	Marx	9	K	—	—	-	W	Schm.	H. Schm.	H. Schm.	
16.	Spengler	20	K	—	—	—	W	W	K. Schm.	H. Schm.	

Zeichenerklärung: K = kalt, W = warm, H = heiß, Schm. = Schmerz.

Hierdurch versichere ich ehrenwörtlich, daß vorliegende Arbeit von mir ohne fremde Hilfe oder unerlaubte Hilfsmittel angefertigt wurde.

Hermann Derigs.

Literaturnachweis.

1. Frey Max v., Physiologie der Haut. Hdbch. der Haut- u. Geschlechtskrankheiten.
2. Türkheim, Das Schmerzproblem (v. Goldscheider). Ref. D.Z.W. 1921, S. 111.
3. Kleinsorgen, Beiträge zur Klärung einiger strittiger Fragen in der Histologie der harten Zahngewebe. D.M.f.Z. S. 672, Jahrg. 1910.
4. Walkhoff, Die Nervenfrage im Zahnbein. D.Z. 1923, H. 60.
5. Römer, Zahnhistologische Studien. Verl. E. Feßenfeld, Freiburg i. Br. 1899.
6. Röse, Über die Nervenendigungen in den Zähnen. D.M.f.Z. 1893, S. 58.
7. Morgenstern, Arch. f. Anatomie u. Physiologie 1896.
8. Gysi, Erklärung d. Empfindlichkeit d. Dentins. D.M.f.Z. 1900, S. 520.
9. Morgenstern, a) Zur Abwehr gegen die Angriffe d. Herrn Prof. Walkhoff. b) Über den Nachweis von Fibrillen u. Fasern im normalen Schmelz. D.M.f.Z. 1902, S. 318 u. 401.
10. Morgenstern, Einige überraschende zahnhistologische Tatsachen. D.M.f.Z. 1906, S. 615.
11. Peckert, Untersuchung über die anatomischen Grundlagen f. d. Stoffwechsel u. Sensibilitätsvorgänge in d. harten Zahnsubstanzen. D.M.f.Z. 1909, S. 713.
12. Morgenstern, siehe Nr. 10.
13. Düringer, Seltene Fälle von Dentinempfindlichkeit. Z.R. 1927, S. 826.
14. Euler, Das Morgenstern'sche System. D.M.f.Z. 1911, S. 865.
15. Shamine, Das sekundäre Cement. D.Z. 1910, H. 13.
16. Fischer, Lehrbuch d. Anatomie. Leipzig 1909.
17. Fischer, Experimentelle Studien über die Pathologie der Zahnpulpa. D.M.f.Z. 1910, S. 785.
18. Dependorf, Ergebnisse eigener Untersuchungen über Innervierung d. menschl. Zahnes mit Berücksichtigung d. Hartsubstanzen. D.M.f.Z. 1913, S. 377.
19. Dependorf, Beiträge zur Kenntnisnahme d. Innervierung d. menschl. Pulpa und der Hartsubstanzen. D.M.f.Z. 1913, S. 689.
20. Mummery, Die Nerven des Zahnbeins. Dental Cosmos 1916. Ref. D.M.f.Z. 1917.
21. Feiler, Beiträge zum Stoffwechsel der Zähne. D.M.f.Z. 1913, S. 748.
22. Kantorowicz, Über die Ernährung des Schmelzes. D.M.f.Z. 1913, S. 925.
23. Kantorowicz, Handbuch d. Klinischen Zahnheilkunde I.
24. Proell, Vitalfärbung bei Tieren zum Studium d. Verkalkungs- und Stoffwechselvorgänge in Kiefern u. Zähnen. D.V.f.Z. 1927, S. 467.
25. Friedeberg, Schmelzuntersuchungen mit weißem und ultraviolettem Licht. D.M.f.Z. 1921, S. 680.
26. Walkhoff, Die Nervenfrage im Zahnbein. D.Z. 1923, H. 52.
27. Hradsky, Studien über die Ätiologie d. Caries. Oe.U.V.f.Z. 1914, S. 43.
28. Türkheim, Die Ernährung u. die physikal. Chemie des Schmelzes. D.V.f.Z. 1922, S. 486.

29. Walkhoff, Fibrillen d. Zahnbeins. D.M.f.Z. 1927, S. 256.
30. Mummery, Die Empfindung im Dentin. The Brit. dent. journ. März 1914.
31. Mummery, Translucente Zonen im Schmelz. The Brit. dent. journ. Nr. 9.
32. Hopewell-Smith, Tatsachen, Erklärungen u. Anwendungen den menschl. Schmelz betr. Dental Cosmos 1926, H. 7, S. 639.
33. Meyer, Strittige Fragen in der Histologie des Zahnschmelzes. D.V.f.Z. 1925, S. 305.
34. Faber, Die Vitalität d. menschl. Zahnschmelzes im Lichte d. neueren Forschung. Zeitschr. f. Stomatologie 1929, S. 530.
35. Perna, Beobachtungen über die Histologie der Pulpa und über die Innervation des Dentins. D.M.f.Z. 1930, S. 100.
36. Kato, Histological Study on Human Enamel. Dental Cosmos 1929 (71), S. 1139.
37. Urbantschitsch, Ursachen und Bahnen der endogenen Zahnverfärbungen. Zeitschr. f. Stomatologie 1927, H. 1 u. H. 8.
38. Kronik, Dissertation 1930 (Würzburg).
39. Dieck, Über die alte Streitfrage d. Existenz oder Nichtexistenz von Nervenfasern im menschl. Zahnbein und ihre positive Lösung. Correspondenzblatt f. Zahnheilkunde 1927, S. 138.
40. Münch, Beiträge zur Vitalität des Schmelzes. D.V.f.Z. 1929, S. 532.
41. Münch, Untersuchung über die Innervierung d. menschl. Zahnpulpa u. des Dentins. D.V.f.Z. 1927, S. 503.
42. Steiner, Über das Empfindungsvermögen d. Zähne des Menschen. Oe.U.V.f.Z. 1903, S. 299.
43. Münch-Schriever, Die Zähne als Sinneswerkzeuge. Z.Biol. 1931.
44. Witt, Über Temperaturpunkte und Schmerzempfindung im Dentin. Z.R. 1930, S. 1792 u. 1834.

Abkürzungen.

D.z.W. = Deutsche zahnärztliche Wochenschrift.
D.Z. = Deutsche Zahnheilkunde (in Vorträgen).
D.M.f.Z. = Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde.
Z.R. = Zahnärztliche Rundschau.
D.V.f.Z. = Deutsche Vierteljahrsschrift für Zahnheilkunde.
Oe.U.V.f.Z. = Österreichisch-Ungarische Vierteljahrszeitschrift für Zahnheilkunde.

Lebenslauf.

Am 28. V. 1910 wurde ich zu Essen als Sohn des Konrektors Georg Derigs geboren. Nach vierjährigem Besuch der Volksschule und weiterem 10jährigen Besuch des Gymnasiums am Burgplatz machte ich daselbst im Jahre 1930 das Abitur. In der Folgezeit studierte ich an den Universitäten Bonn, Wien und Würzburg Zahnheilkunde und bestand am 6. Dezember 1933 das Staatsexamen in Würzburg. Am 9. Januar 1934 ging ich nach Berlin, wo ich seitdem als Assistent tätig bin. Zu dieser Zeit belegte ich an der Berliner Universität das 8. Semester.

Hermann Derigs.